

125
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EFECTO DE LA RADIACION GAMMA EN LA GERMINACION Y PRIMERAS FASES DEL DESARROLLO DE Carica papaya TIPO CERA.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A
MA. DE LOURDES MARTINEZ CARDENAS

1992

TESIS CON
WALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RESUMEN

El papayo es un frutal tropical de origen mexicano ampliamente distribuido en el mundo.

La principal enfermedad que lo ataca es el virus de la mancha anular causando pérdidas cuantiosas en su producción; para contrarrestar dicha enfermedad uno de los métodos más recomendables es sembrar plantas tolerantes o resistentes genéticamente al virus.

Dado que el primer paso es obtener plantas resistentes genéticamente al virus y que en México no se ha logrado este resultado, se propone una forma de obtener la resistencia por medio de la inducción de mutaciones, para lo cual puede utilizarse la radiación gamma.

Una fase inicial comprende conocer la respuesta de las semillas de papaya a la irradiación, por lo que el objetivo de este trabajo es determinar el efecto de la radiación gamma en la germinación y desarrollo vegetativo de *Carica papaya* tipo cera.

Se irradiaron lotes de 30 semillas de papaya con dosis de 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 y 30 Krad más un lote testigo, 30 semillas para cada dosis. Se germinaron en tierra y 40 días después de la siembra se registró la emergencia de plántulas. Para evaluar el desarrollo se midió a los 50, 70, 100, 130 y 170 días, el número de hojas producidas, el número de hojas presentes, el número de plantas con manchas y/o deformaciones, la talla y se determinó el área foliar.

Se determinó que la dosis letal es de 3 Krad; la dosis de radiación afecta de manera inversamente proporcional la emergencia de plántulas y, de las plantas que se obtienen, las expuestas a la radiación se desarrollan mejor que las testigo.

EFFECTO DE LA RADIACION GAMMA EN LA GERMINACION Y PRIMERAŞ FASES DEL DESARROLLO DE Carica papaya TIPO CERA.

INTRODUCCION :

Las mutaciones se definen como todo cambio en el material genético, son fuente de variabilidad en los seres vivos y cuando son benéficas permiten al organismo sobrevivir y reproducirse; si esto ocurre en especies benéficas para el hombre, se incrementa su valor.

Las mutaciones pueden generarse espontáneamente, pero con poca frecuencia ($P = 1 \times 10^{-6}$ a 1×10^{-7}). Sin embargo desde 1927, Müller descubre que puede incrementarse la aparición de mutaciones al exponer a la radiación a *Drosophila melanogaster*. En la actualidad existen diversas especies que se han mejorado genéticamente induciendo mutaciones a través de la exposición a la radiación , aumentando su productividad, disminuyendo el tiempo de producción e incrementando su valor nutritivo o la resistencia a enfermedades (Sigurbjónsson, 1971).

ORIGEN Y DISTRIBUCION:

Carica papaya es nativa de América tropical y se señala el Sur de México, Guatemala, Honduras y Costa Rica, como el lugar de origen.

Actualmente se distribuye en las zonas tropicales de todo el mundo (Pacheco, 1973; Simmonds, 1979), debido a que su fruto es cada vez más apreciado y su aprovechamiento más amplio.

Los lugares donde se cultiva de manera importante son: Hawaii, Malasia, Burna, Ceylán, India, Sudafrica, Tanganica, Kenia, Filipinas, Cuba, Jamaica, Puerto Rico, Panamá, Trinidad y México, además de encontrarse en algunos otros lugares del mundo (Pacheco, 1973).

DESCRIPCION:

El papayo (*Carica papaya* L.) es una planta herbácea de 3 a 8 m de alto, su tallo que generalmente es único , tiene hasta 20 cm de diámetro y está marcado a lo largo con cicatrices foliares rematando con un grupo de hojas grandes. El peciolo de las hojas mide de 50 a 70 cm de largo y la lámina casi circular es muy amplia (Badillo, 1971).

Esta especie puede presentar individuos con flores masculinas, femeninas o hermafroditas. Las flores masculinas son numerosas y se encuentran en inflorescencias que tienen de 50 cm a 1 m de largo, son blancas, pequeñas y presentan 10 estambres.

Las flores hermafroditas son más grandes y menos numerosas que las masculinas así como con la inflorescencia menos larga, tienen de 5 a 10 estambres y el ovario.

Las flores femeninas se presentan en número de una a tres ,

sentadas sobre el tallo, tienen de 5 a 7 cm de largo y sólo presentan el ovario que está muy desarrollado.

El fruto es de forma ovoide de 2 a 10 cm de largo o muy grande cuando es cultivado, la pulpa es de color amarillo, anaranjado o rojizo, con un hueco al centro en donde se encuentran las semillas.

Las semillas tienen de 5 a 7 mm de largo, con una cubierta mucilaginosa y son de color café oscuro a negro (Badillo, 1971).

PRODUCCION Y CULTIVO:

En México se producen cinco tipos agronómicos de papaya que son: la tipo mamey, la verde, la chichona, la tipo coco y la cera (CONAFRUT, 1972), siendo esta última el objeto de estudio del presente trabajo.

El fruto de la papaya tipo cera puede variar en peso de 1 a 5 kg., la epidermis, que tiene aspecto ceroso al madurar va presentando cinco vetas amarillas a lo largo, la pulpa del fruto maduro adquiere color amarillo, tiene buena consistencia, es resistente al transporte y su forma depende del sexo de la planta de donde provenga, aunque tiende a ser ovoide (Campo, 1980)

Los datos de producción publicados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos para la década de los 70s, muestran que se ha incrementado la cantidad de hectáreas cosechadas, así como la producción total en toneladas, aunque el rendimiento por hectárea se ha mantenido

prácticamente constante (Cuadro 1).

CUADRO 1: SUPERFICIE TOTAL CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE PAPAYO EN EL PAIS (SARH)

AÑO	HECTAREAS	PRODUCCION	RENDIMIENTO
	COSECHADAS	TONELADAS	POR Ha EN Kg
1970	5,624	125,097	22,243
1971	6,074	144,537	23,800
1972	8,535	168,845	19,782
1973	9,222	183,778	19,928
1974	10,343	176,012	17,017
1975	10,695	261,547	24,455
1976	9,567	223,725	23,385
1977	10,898	274,542	25,191
1978	10,929	279,312	27,557
1979	11,900	268,940	22,600
1985*	3,068	131,190	42,770
1988*	13,445	436,944	32,492

* Datos publicados por Mercado, 1991.

De los estados de la República Mexicana en los que se practica el cultivo de papaya, Veracruz ha sobresalido continuamente por lo menos con el 50% en la producción del fruto en los últimos 20 años.

CULTIVO:

El papayo es una planta que prospera casi exclusivamente como

cultivo, ya que en pocas ocasiones se le puede encontrar en forma silvestre o asilvestrada (Badillo, 1971); así las condiciones de cultivo son como se describe a continuación.

a) Germinación: La semilla para ser utilizada debe tener al menos 35 días después de extraerse del fruto (Palanisamy y Ramamoorthy, 1987) y lavarse, para eliminar restos de pulpa y de la sarcotesta así como desinfectarse con hipoclorito de sodio al 10% para evitar infecciones con hongos o bacterias.

La siembra se hace en suelo desinfectado, de preferencia en bolsas de plástico o en almácigos. Campo (1980) recomienda sembrar 3 semillas por maceta y Mandujano (1980), sugiere que sean de 10 a 12 con 1 ó 2 cm de profundidad, manteniendo una temperatura entre 23 y 44 °C, siendo la ideal 35 °C; la humedad debe mantenerse sin excesos, por lo cual se recomienda que el suelo tenga una textura adecuada para que también exista una buena oxigenación.

b) Trasplante y mantenimiento: El trasplante se hace entre los 45 y 60 días a partir de la germinación, que es cuando las plantas tienen de 15 a 20 cm de altura y debe procurarse que esto ocurra en los meses de mayo y junio.

Los orificios para el trasplante en el campo se hacen cada 2.5 a 3 m, dejando un espacio entre cada hilera de 3 m.

Cuando las plantas comienzan a florecer, a los 7 meses de edad, es

posible conocer el sexo de la planta y es entonces, que se puede eliminar el exceso de plantas con flores masculinas del cultivo, ya que éstos en su mayoría no son productivos, pero es necesario que haya una proporción de una planta macho por cada 24 hembras y/o hermafroditas con la finalidad de asegurar la fecundación (CONAFRUT, 1973).

Para que las plantas sean sanas y productivas deben realizarse prácticas de limpieza de malas hierbas, fertilización y control de enfermedades (Mandujano, 1980).

PLAGAS Y ENFERMEDADES:

Mandujano (1980) y Pacheco (1973), publicaron que el papayo es un cultivo que puede ser atacado por diferentes plagas como insectos o ácaros, nemátodos, hongos y virus así como presentar deficiencias en nutrientes . Exceptuando las enfermedades virales, todas pueden ser erradicadas o controladas por medios físicos o químicos, pero para las causadas por virus se obliga a destruir la planta infectada o a sembrar plantas resistentes a ellos.

Los virus que atacan a la papaya son: Bunchy - top (cogollo arrellado), el mosaico, la variegación amarilla y el virus de la mancha anular, siendo este último el que señala Mandujano (1980), como la principal enfermedad virosa de la papaya en México.

El virus de la mancha anular se transmite por varias especies de

áfidos como *Myzus persicae*, *Aphis grossypii* y *A. nerii* principalmente; pero también se puede transmitir por inoculación mecánica pinchando plantas sanas con una aguja infectada, por frotación de savia enferma al usar machetes afilados en Carborundum, así como al injertar. Mandujano (1980), menciona que no hay transmisión del virus por semilla, aunque Carmona (1991, comunicación personal) pone en duda tal aseveración basado en sus observaciones realizadas en el campo y asegura haber visto, en los almácigos, plántulas que presentan las manchas caracterfsticas causadas por el virus de la mancha anular.

La enfermedad se presenta como un moteado verde amarillento en las hojas en forma de mosaico, en ocasiones se deforman los limbos, hay presencia de manchas en forma de anillo en los frutos y manchas alargadas de apariencia acuosa en los tallos y peciolo. Como consecuencia, en la planta enferma disminuye la productividad así como la longevidad debido a la pérdida de follaje (Mandujano, 1980; Pacheco, 1973).

Para evitar que el virus infecte las plantas, se recomienda limpiar las malas hierbas continuamente y destruir periódicamente las plantas enfermas, así como controlar los vectores con insecticidas; sin embargo lo más recomendable es sembrar plantas resistentes o tolerantes genéticamente al virus, que de forma natural no se han encontrado en México, pero que pueden obtenerse induciendo mutaciones.

Las mutaciones se definen como toda alteración en el genotipo,

entendiéndolo como la secuencia lineal de bases del ácido desoxirribonucleico que determina las actividades celulares y las características del individuo (Casarett, 1968). Estas pueden ser:

- Mutaciones puntuales como la sustitución, delección o adición, reversión y supresión de bases en el material genético.
- Mutaciones cromosómicas como la duplicación, deficiencia, inversión, translocación, poliploidía y aneuploidía (Goodenough, 1978).

Las mutaciones pueden originarse naturalmente o bien ser inducidas por factores químicos o físicos para aumentar su incidencia.

RADIACION:

Los rayos gamma son rayos electromagnéticos emitidos por elementos radioactivos originados en el núcleo del átomo, cuya longitud de onda va de 0.01 a 0.0001 Å y su efecto químico es ionizante, esto es, que altera las moléculas con que tiene contacto (Grosch y Hopwood, 1979).

La radiación gamma emitida por el ^{60}Co , penetra en el material iniciando reacciones químicas que inducen alteraciones biológicas (Reyes y Murillo, 1976).

Las características mencionadas hacen de los rayos gamma una fuente mutagénica confiable y su aplicación en semillas, anteras o a la planta entera para el mejoramiento de algunas especies vegetales ha producido buenos resultados como en : *Nicotiana tabaco* (Stadler y Herschel, 1948;

Mondeil, 1974), soya (Smutkupt, 1973), arroz, caña de azúcar, tomate, trigo, y fresa (Grosch y Hopwood, 1979), frijol (Delgado de la Flor, 1972), peral (Roby, 1972), arroz (Sigurbjörnsson, 1971). Las dosis que se han probado varían de 1 a 50 000 R ($R = 0.83 - 0.95 \text{ rad}$) y los resultados dependen de la sensibilidad de cada especie, siendo que la dosis letal (DL_{50}) puede ser tan variable que DL_{50} para semillas de *Brassica nigra* es 300 veces mayor que DL_{50} para semillas de *Pinus sylvestris* (Casarett, 1968); con papaya no se han realizado estudios de este tipo.

Actualmente, preocupados por los severos daños que el virus de la mancha anular ocasiona al cultivo de papaya, se está desarrollando en los Laboratorios de Bioquímica y Fisiología Vegetal y el de Genética Evolutiva de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, un proyecto que pretende encontrar una planta de papaya resistente al virus de la mancha anular, proyecto en el cual queda enmarcado el presente trabajo.

OBJETIVO:

Determinar el efecto de la radiación gamma en la germinación y primeras fases del desarrollo vegetativo de *Carica papaya* tipo cera.

HIPOTESIS:

Sabiendo que la radiación gamma es un agente mutagénico con alta efectividad, se espera causar una alteración azarosa en el genotipo de semillas de *Carica papaya* L. tipo cera al exponerlas a la radiación, lo cual se reflejará en la germinación y el desarrollo de las plántulas originadas de estas semillas.

MATERIAL Y METODO:

La semilla utilizada se adquirió en un establecimiento comercial de productos agrícolas en la Cd. de México.

Se formaron doce lotes de 30 semillas cada uno, número establecido con base en el porcentaje de germinación esperado y se irradiaron en un aparato "Gamma Cell" cuya fuente es de ^{60}Co en el Centro de Estudios Nucleares de la UNAM. A cada lote se le aplicó cada una de las siguientes dosis de 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 y 30 Krad y se dejó un lote sin exponer como testigo. Las dosis se establecieron tomando en cuenta las utilizadas para otras especies.

Para la germinación, las semillas fueron lavadas con agua corriente con el objeto de quitar la sarcotesta, se desinfectaron durante 15 min en una solución de hipoclorito de calcio al 10% y se lavaron con agua destilada estéril.

En seguida se sembraron en una mezcla de tierra formada por partes iguales de tierra negra, tierra de hoja y arena, previamente pasteurizada en autoclave y colocada en charolas de 35 X 50 cm de tamaño , que se mantuvieron en invernadero; en cada charola se formaron 6 hileras con 5 semillas cada una de ellas y se regaron diariamente. Cuarenta días después de la siembra, se registró la emergencia de plántulas para calcular su porcentaje.

Para evitar la competencia por nutrientes y luz, las plantas se separaron a los 120 días, para ello se colocó cada planta en una bolsa de plástico de 50 X 20 cm conteniendo la mezcla de tierra mencionada anteriormente, se regaron y deshierbaron continuamente.

A los 50, 70, 100, 130 y 170 días se registró:

- La talla de cada una de las plantas, que se midió de la superficie del suelo a la punta del tallo.
- El número de hojas que produjo la planta.
- El número de hojas que presentaba la planta en el momento de la medición.
- El número de plantas con manchas y/o deformaciones para determinar su porcentaje.
- La medida de cada una de las hojas de todas las plantas a lo largo y ancho para determinar el área foliar por medio de la fórmula de triángulo.

Una vez que se ordenaron los datos y se realizaron las determinaciones necesarias, se analizaron estadísticamente.

Para la emergencia de plántulas, número de hojas producidas y número de hojas presentes, así como para el porcentaje de plantas con manchas y deformaciones, se realizó una prueba de χ^2 (CNEB, 1974) y la talla y el área foliar se analizaron con prueba de F de Snédecor (Downie, 1973), con la cual se determinó la significancia estadística entre tratamientos, realizando posteriormente prueba de t Student (CNEB, 1974) para determinar cuál de los lotes causa dicha diferencia.

RESULTADOS Y DISCUSION

EMERGENCIA DE PLANTULAS:

Los datos de emergencia de plántulas a los 40 días después de la siembra (cuadro 2 y en la gráfica 1), mostraron que el porcentaje de emergencia disminuye en forma directamente proporcional al incrementar la dosis de radiación. De manera particular se observa que el comportamiento del lote testigo y el tratado con 1 Krad, son muy similares; pero a partir de los 3 Krad la diferencia con el testigo aumenta de tal forma que llega a ser estadísticamente significativa ($\chi^2 = 11.11$; $P < 0.01$). Se registra emergencia hasta los 21 Krad, quedando en cero desde los 24 Krad.

Como a partir de 3 Krad la emergencia de plántulas se reduce más del 50% se considera esta dosis como letal, de acuerdo con el concepto de

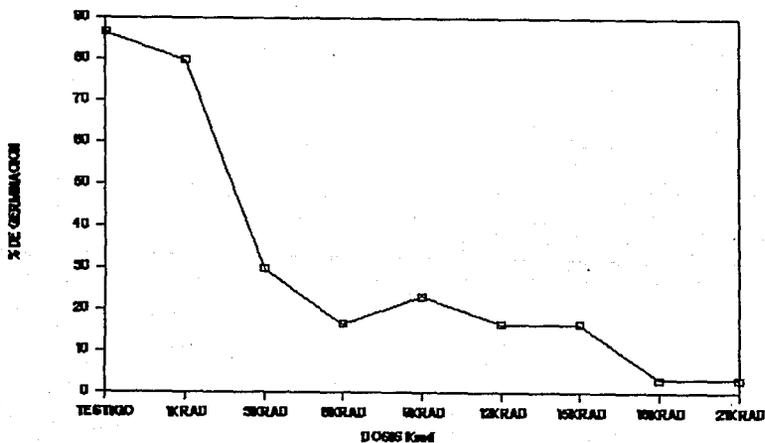
CUADRO 2

PORCENTAJE DE GERMINACION 40 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

DOSIS KRAD	0	1	3	6	9	12	15	18	21
GERMINACION %	86	80	30	16	23	16	16	3	3

GRAFICA 1

PORCENTAJE DE GERMINACION A LOS 40 DIAS



dosis letal mínima $LD_{50(130)}$ (Casarett, 1968).

Solo los lotes testigo y los tratados con 1, 3, 6, 9 y 15 Krad pudieron ser seguidos en su desarrollo, debido a que en los demás murieron las plantulas emergidas.

En relación a la talla , número de hojas producidas y presentes en la planta, así como el área foliar, se obtuvo lo siguiente.

TALLA:

El registro de la talla que se efectuó a los 50, 70, 100, 130 y 170 días después de la siembra (cuadro 3 y gráfica 2). Mostró que a los 50 días el desarrollo en los diferentes lotes es muy similar, excepto el de 3 Krad con tallas muy altas y el de 15 Krad con las tallas más pequeñas; ambos lotes difieren significativamente con respecto al testigo ($t = 2.59, P < 0.05$ y $t = 1.96; P > 0.05$ respectivamente).

A los 70 días el lote testigo se ha desarrollado más que los otros, siendo más notorio a partir de los 3 Krad donde la diferencia es significativa ($t = 12.19, P < 0.001$) ; en este momento el testigo y el lote tratado con 1 Krad son similares.

En la siguiente lectura, 100 días después de la siembra, se registra un aumento de tamaño general y la diferencia de talla promedio entre los lotes experimentales y el testigo no es significativa estadísticamente hablando

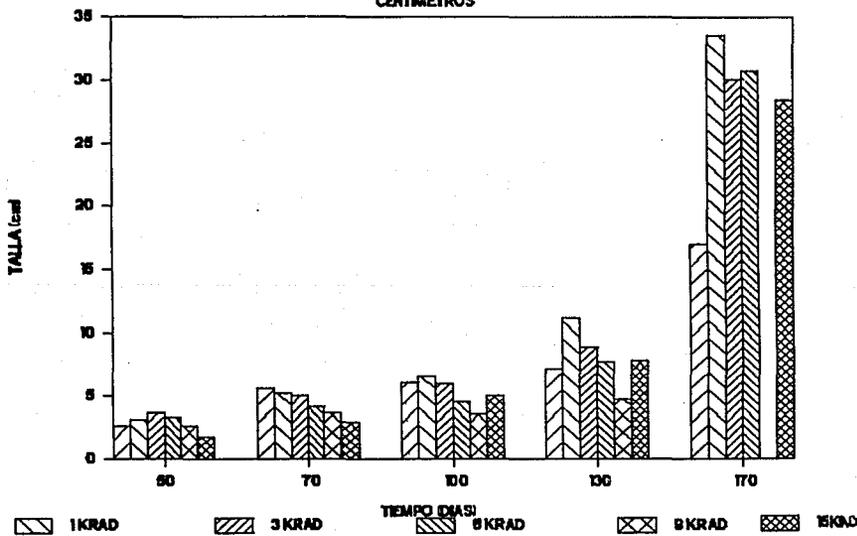
CUADRO 3

TALLA ALCANZADA POR LAS PLANTAS DE LOS DIFERENTES LOTES
PROMEDIO EN CENTIMETROS

DOSIS DIAS	0	1 KRAD	3 KRAD	6 KRAD	9 KRAD	15 KRAD
50	2.61	3.07	3.7	3.35	2.62	1.79
70	5.58	5.23	5.0	4.21	3.68	2.9
100	6.14	6.63	6.01	4.53	3.53	5.0
130	7.14	11.24	8.94	7.7	4.75	7.8
170	7.04	33.63	30.11	30.79	---	28.5

GRAFICA 2

TALLA PROMEDIO EN LOS DIFERENTES LOTES
CENTIMETROS



($t = 0.724$, $P > 0.1$); se notó un buen crecimiento de los lotes irradiados.

Sólo el lote de 9 Krad, se comportó de manera distinta pues es significativamente menor que el testigo ($t = 5.01$, $P < 0.05$).

Cuando las plantas tenían 130 días se observó un notable incremento en los lotes experimentales que alcanzaron tallas mayores que el testigo; nuevamente la excepción fue el lote de 9 Krad.

A los 170 días se observó que los lotes experimentales habían alcanzado una talla mayor que la que presenta el testigo, viéndose más fuertes y vigorosos; el lote de 9 Krad que anteriormente se había visto poco desarrollado, ahora desaparece por la muerte de los 13 individuos que lo representaban. En cambio, los dos individuos del lote de 15 Krad son suficientemente altos como para diferir significativamente en su talla con respecto al testigo ($t = 4.2$, $P < 0.001$). De esta forma quedan los lotes con 1, 3 y 6 Krad que son prácticamente iguales entre sí pero diferentes con respecto al testigo.

NUMERO DE HOJAS PRODUCIDAS POR LA PLANTA:

La producción de hojas está muy relacionada con el aumento de talla de la planta, al principio las plantas presentan únicamente los cotiledones como órganos fotosintéticos, pero al crecer producen hojas que van aumentando en número y tamaño (gráfica 3); esto ocurre de forma general en todos los lotes. Cuando se observa el número de hojas que las plantas

han producido (cuadro 4) se aprecia que a los 50 días éste es similar en todos los tratamientos, no encontrándose diferencia significativa entre ellos ($X^2 = 2.23, P > 0.5$). Lo mismo ocurre a los 70, 100, 130 y 170 días, períodos en los cuales aumenta el número de hojas en cada uno de ellos de manera muy homogénea.

Aparentemente no hay un efecto de la radiación gamma en la producción de hojas.

CUADRO 4
PROMEDIO DE HOJAS PRODUCIDAS POR PLANTA

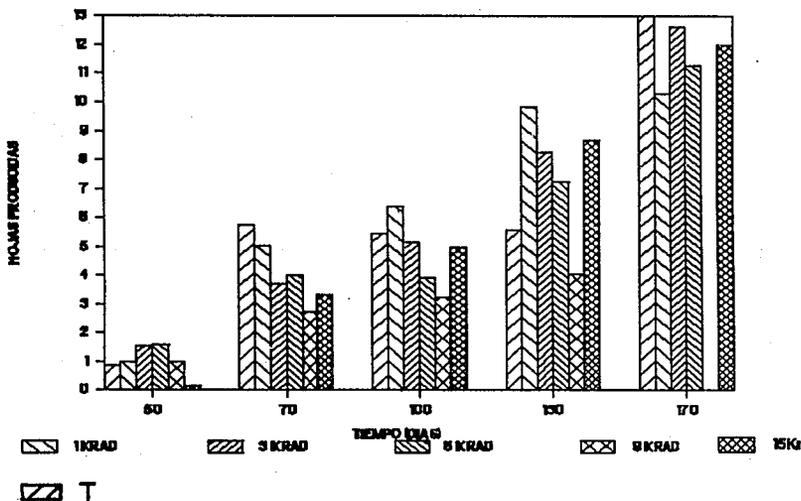
DOSIS DIAS	0	1 KRAD	3 KRAD	6 KRAD	9 KRAD	15 KRAD
50	0.85	1.0	1.56	1.6	1.0	0.3
70	5.95	5.65	4.5	4.33	3.2	3.33
100	6.7	7.6	6.33	4.35	4.18	5.67
130	10.55	12.05	9.79	8.5	7.38	10.33
170	26.53	29.0	27.69	26.71	---	29.0

NUMERO DE HOJAS PRESENTES EN LA PLANTA:

Si bien la planta durante su desarrollo va produciendo hojas nuevas, también las hojas viejas se van desechando y en un período determinado sólo se observan aquéllas que son activas en ese momento; así es importante el número real de hojas que está manteniendo a la planta. En

este estudio se contaron las hojas que se encontraban presentes en la planta para cada periodo (cuadro 5) y, al igual que en el número de hojas producidas, no se encuentra diferencia significativa en ninguna de las lecturas ($\chi^2 = 2.23, P > 0.05$), excepto a los 130 días cuando el lote con 1 Krad aparece con 9.85 hojas en promedio, comparado con 5.6 hojas promedio que presenta el testigo; sin embargo, posteriormente esta diferencia se pierde, por lo que estas dosis de radiación no parecen tener efecto en el número de hojas que puede presentar la planta.

GRAFICA 3
PROMEDIO DE HOJAS PRODUCIDAS



CUADRO 5

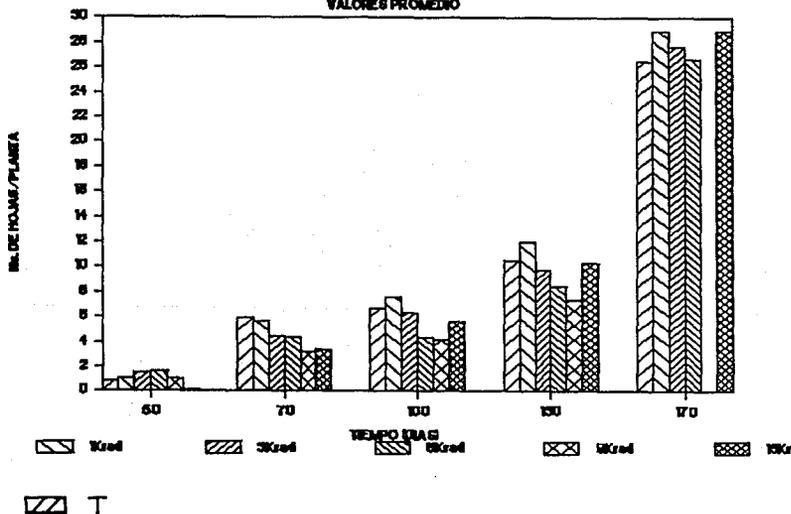
PROMEDIO DE HOJAS PRESENTES EN LAS PLANTAS

DOSIS DIAS	0	1 KRAD	3 KRAD	6 KRAD	9 KRAD	15 KRAD
50	0.85	1.0	1.56	1.6	1.0	0.13
70	5.75	5.05	3.71	4.0	2.73	3.33
100	5.45	6.4	5.17	3.94	3.24	5.0
130	5.6	9.85	8.27	7.23	4.04	8.67
170	13.0	10.3	12.62	11.29	---	12.0

GRAFICA 4

NUMERO DE HOJAS POR PLANTA

VALORES PROMEDIO



AREA FOLIAR:

El área foliar es el parámetro por medio del cual se conoce la superficie que la planta expone a la luz solar y que realiza fotosíntesis, así que al aumentar el área foliar hay mayor captación de energía por lo que una planta con mayor área es más vigorosa que una con menos superficie.

Es natural que una planta durante su desarrollo vaya aumentando el área foliar al ir produciendo las hojas necesarias para su mantenimiento hasta llegar a su madurez y, como la papaya es una planta perenifolia, cuando alcanza esta edad el área permanece constante. Tomando en cuenta lo anterior, en este trabajo las plantas de todos los lotes tuvieron el comportamiento esperado (gráfica 5), pues a mayor tiempo de observación aumentó el área foliar, siendo su incremento en forma exponencial.

Haciendo un análisis más particular, 50 días después de la siembra los testigos en promedio presentan un área de 1.61 cm^2 , valor muy similar al de los lotes con 1, 6 y 9 Krad en los que se obtuvo un área de 1.74, 1.75 y 1.65 cm^2 respectivamente; en cambio, la diferencia es notable con el lote de 3 Krad que tiene un área promedio de 3.02 cm^2 ($t = 2.93$, $P < 0.01$), así como con el de 15 Krad con un área mucho menor 0.22 cm^2 ($t = 3.78$, $P < 0.01$).

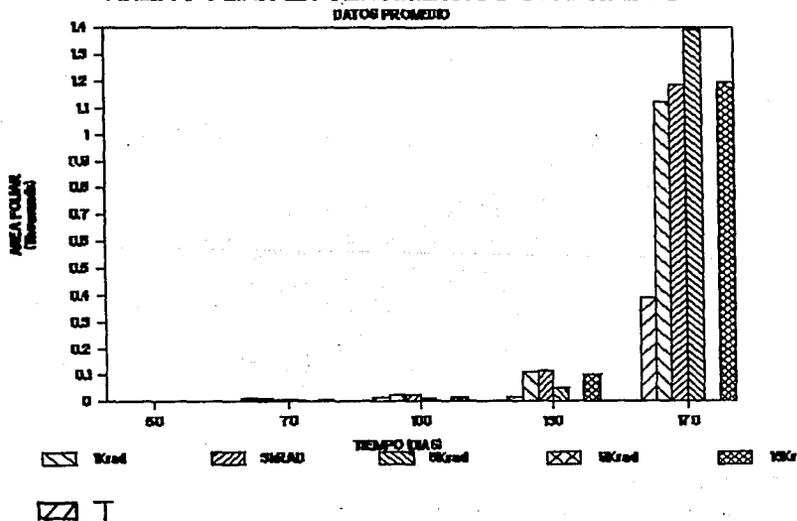
CUADRO 6

PROMEDIO DE AREA FOLIAR
CENTIMETROS CUADRADOS

DOSIS DIAS	0	1 KRAD	3 KRAD	6 KRAD	9 KRAD	15 KRAD
50	1.61	1.74	3.02	1.75	1.65	0.22
70	10.8	9.05	6.41	5.7	3.66	4.52
100	13.95	23.75	24.76	9.51	3.74	14.91
130	16.73	110.82	116.65	50.02	3.89	101.91
170	390.52	1122.9	1186.14	1394.07	---	1197.45

GRAFICA 5

AREA FOLIAR EN CENTIMETROS CUADRADOS



A los 70 días las plantas han aumentado su área foliar, pero el lote testigo y el de 1 Krad siguen siendo prácticamente iguales entre sí; por el contrario, las siguientes dosis aumentan su superficie en forma significativa ($t = 3.24$, $P < 0.01$) con respecto a los testigo.

Al llegar a los 100 días en todos los tratamientos se ve incrementada el área foliar; para esta fecha el testigo difiere significativamente de los lotes tratados con 1 y 3 Krad que tienen un área mayor ($t = 2.38$, $P = 0.05$), en cambio el lote de 6 Krad es muy similar al testigo, el de 9 Krad presenta un área menor y el de 15 Krad se comporta de la misma manera que el de 6 Krad.

Cuando las plantas tenían 130 días, las del lote testigo fueron superadas considerablemente por las de los lotes con 1, 3, 6 y 15 Krad; a partir de esta fecha los lotes irradiados se desarrollaron mejor y fueron más vigorosos que el testigo observándose lo mismo a los 170 días.

El dato que no se comporta de esta manera es el lote de 9 Krad que presenta a los 130 días un desarrollo menor al testigo, teniendo un incremento mínimo comparado con el área que presentaba a los 100 días y las plantas murieron antes de realizar la lectura de los 170 días.

PROMEDIO DE PLANTAS CON MANCHAS Y/O DEFORMACIONES:

Las plantas testigo durante su desarrollo no presentaron manchas o deformaciones, en cambio las plantas obtenidas de semillas expuestas a las

diferentes dosis de radiación tuvieron siempre un porcentaje con manchas, producto de quimeras (Mondeil, 1974) o bien deformaciones en las hojas que, al ser significativo, permite afirmar que éstas son causadas por la radiación; esto ocurre hasta los 130 días, pero a los 170 días dejan de producirse hojas con manchas y deformaciones, manteniéndose éstas solo en algunas plantas tratadas con 1 Krad. Debido a que las quimeras son producidas por mutaciones somáticas que se originan solamente de las células dañadas por la radiación, al desecharse por la abscisión de los órganos se pierden tales líneas celulares(Casarett, 1968).

Finalmente, podemos hacer un análisis global del desarrollo para cada uno de los tratamientos: así tenemos que las plántulas obtenidas de las semillas expuestas a 1 Krad son las que tienen mejor porcentaje de germinación y aunque al principio (50 días) no hay diferencia con el testigo, posteriormente lo superan tanto en talla como en área foliar, factores que al sumarse hacen que las plantas sean más robustas que las testigo, siendo la única desventaja el presentar hojas con manchas y/o deformaciones hasta los 170 días.

De la misma forma, el lote con 3 Krad supera ampliamente al testigo tanto en talla como en área foliar y llega a tener más vigor que el de 1 Krad, pero presenta la desventaja de que el porcentaje de plántulas emergidas es muy bajo.

El lote con 6 Krad se comporta en forma muy similar al de 1 Krad; las

plantas sobrevivientes son vigorosas, pero su porcentaje de emergencia es menor aún que en el de 3 Krad.

Las plantas de semillas tratadas con 9 Krad presentan muy bajo porcentaje de emergencia, se desarrollan deficientemente, notándose ésto a partir de los 100 días y acentuándose a los 130, para morir posteriormente.

El lote con 15 Krad presenta también muy bajo porcentaje de emergencia, solo sobreviven tres plantas hasta los 130 días y únicamente dos a los 170 días; aunque en general, por los resultados obtenidos esta dosis de radiación no es recomendable, las plantas sobrevivientes presentan un buen estado de vigor, a pesar de presentar manchas y deformaciones hasta los 130 días.

Los resultados de emergencia de plántulas a partir de semillas irradiadas concuerdan con lo publicado por Casarett (1968), en cambio, el desarrollo de estas plantas resulta contrario a lo obtenido por él con maíz, trigo y cebada. Sin embargo comenta el caso de cierta especie del género *Gladiolus* que a pesar de recibir altas dosis de radiación, se desarrolla normalmente considerándola como una especie radioresistente; así mismo menciona que hay numerosos registros de una aparente estimulación en el crecimiento, aplicando dosis menores a 5000 R, obteniéndose un incremento en la talla, longitud de la raíz, engrosamiento de las hojas y floración temprana.

Se ha sugerido que bajas dosis de radiación pueden alterar la actividad

de ciertas enzimas involucradas en la síntesis de reguladores de crecimiento (auxinas) aunque falta aclarar los mecanismos involucrados a través de los cuales puede disminuir la actividad de sustancias inhibitoras de la síntesis de reguladores del crecimiento (Grosch y Hopwood, 1979).

Los resultados obtenidos en este trabajo con papaya concuerdan con lo publicado por Casarett (1968) ya que se observó en la talla y el área foliar un incremento proporcional a la dosis de radiación y apoya la idea de que la acción de las auxinas provoca este aumento.

Los resultados de este trabajo son preliminares para realizar estudios de mutagénesis inducida por rayos gamma en *Carica papaya*, recomendando que se usen dosis de radiación menores a 3 Krad, para evitar pérdida de semillas debida al bajo porcentaje de emergencia de plántulas que se obtiene a partir de dicha dosis.

Es importante insistir en la realización de estudios que permitan la búsqueda de nuevos genotipos que presenten resistencia al virus de la mancha anular para combatir su efecto nocivo en la producción de los cultivos de papaya, quedando abiertos otros campos como la haploidización y poliploidización teniendo, como sugiere Almazán (1981), el cultivo de tejidos *in vitro* como herramienta. También es importante que se realicen pruebas de hibridación con especies afines como *Carica cauliflora*, especie resistente al virus de la mancha anular (Magdalita, 1988) que puede encontrarse en México, para obtener híbridos resistentes.

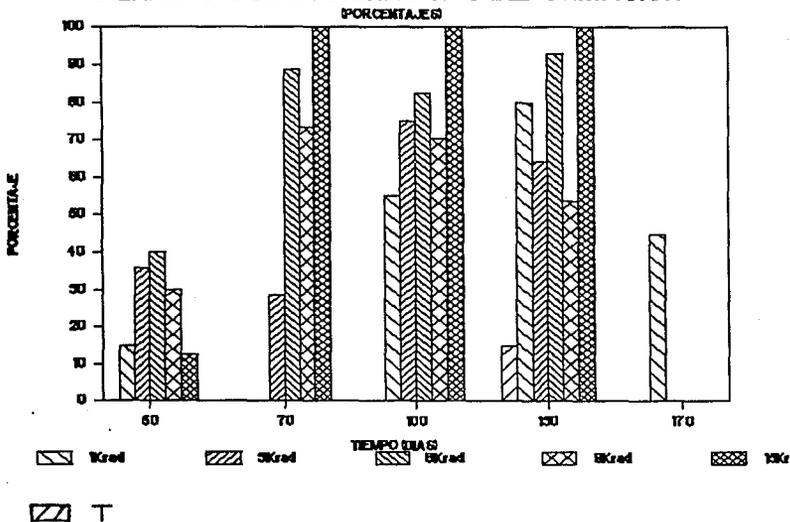
CUADRO 7

PORCENTAJE DE PLANTAS CON MANCHAS Y DEFORMACIONES

DOSIS DIAS	0	1 KRAD	3 KRAD	6 KRAD	9 KRAD	15 KRAD
50	0	15	35.71	40.0	30.0	12.5
70	0	0	28.57	88.8	73.3	100
100	0	55.0	75.0	82.3	70.5	100
130	0	80.0	64.28	92.8	53.84	100
170	0	45.0	0	0	---	0

GRAFICA 6

PLANTAS CON MANCHAS Y/O DEFORMACION



CONCLUSIONES:

A partir del análisis de los datos de emergencia de plántulas y desarrollo vegetativo se puede concluir lo siguiente:

1.- La radiación gamma afecta la emergencia de plántulas en forma inversamente proporcional a la dosis de radiación.

2.- Se estableció que la dosis letal es 3 Krad, por lo que se recomienda utilizar dosis de radiación menores en experiencias posteriores.

3.- La talla y el área foliar de las plantas se ve incrementada notablemente en los lotes irradiados, muy probablemente debido al aumento en la actividad de las auxinas.

4.- El número de hojas producidas y presentes en la planta no se ve afectado por la dosis de radiación.

BIBLIOGRAFIA:

- Almazán, V. C. 1981. Estudios preliminares para la obtención in vitro de plantas de papaya (*Carica papaya* L.) tipo cera. Tesis de Licenciatura; Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Badillo, M. V., 1971. Monografía de la familia Caricaceae. Asociación de profesores de la Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Venezuela. 60 - 76.
- Campo, N. R., 1980. Estudio de diez fenotipos criollos de *Carica papaya* L. de la región central del estado de Veracruz. Tesis de Licenciatura, Universidad Veracruzana, México. 6 - 19.
- Casarett, A.P. 1968. Radiation Biology. Prentice Hall. USA. 284 - 314.
- CNEB. 1974. Biología, interacción de experimentos e ideas. Limusa. México. 100 - 117.
- CONAFRUT, 1972. La papaya, aspectos de su cultivo y su aprovechamiento. SAG, México. 1-8.
- CONAFRUT, 1973. Desarrollo de nuevas variedades de papaya y selección de semilla. Serie técnica No. 15. SAG, México. 1- 7.
- Delgado de la Flor, B. F. 1972. Frecuencia de mutaciones por radiación gamma y metano - sulfonato de etilo en diferentes estados de germinación de las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Induced mutations and plant improvement. International Atomic Energy Agency. Austria: 447 - 451.
- Downie, N. M., Heath, R. W. 1973. Métodos estadísticos aplicados. Harper & Row. México. 222 - 238.

- Goodenough, N. U. 1878. Genetics. Holt, Rinehart y Winston. USA. 174 - 176.
- Grosch, D. S., Hopwood, L. E. 1979. Biological effects of radiations. Academic Press. U.S.A. 157 - 174.
- Magdalita, P. M., Villegas, V. N., Pimentel, R. B., Bayot, R. G. 1988. Reaction of (*Carica papaya* L.) and related *Carica* species to ringspot virus. Philipp J. Crop Sci. 13 (3): 129 -132.
- Mandujano, R. 1980. Apuntes del cultivo de la papaya. Inédito. Universidad Veracruzana, México. 1- 33.
- Mani, N. S., Seetharami. T. V. V. 1988. Gamma ray induced mutagenesis in parents and hybrids of grain sorghum. Proc. Indian Natl. Sci. Acad. Part B Biol Sci. 54 (5) 379 - 382.
- Mercado, S. E. 1991. Estudio de producción de frutas y hortalizas en fresco de la República Mexicana. Trabajo de Servicio Social. UAM Iztapalapa.
- Mondeil, F. 1974. Irradiation de microspores en culture de anthères: essai d'une nouvelle technique d'obtention de mutations immédiatement décelables et fixables (application a *Nicotiana tabacum*). Ann. Amélior. Plantes 24 (1): 1 -10.
- Pacheco, S. P. 1973. El papayo. CONAFRUT. Serie de divulgación. No. 15. México. 1 - 30.
- Palanisamy, V., Ramamorthy, K. 1987. Seed germination studies in papaya. Prog. Hortic. 19 (3 - 4): 253 - 355.

- Reyes, L. J., Murillo, R. H. 1976. Tecnología de irradiación en estudios de mutagénesis. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Memoria 6º Congreso Nacional de Fitogenética. 408 - 427.
- Roby, F. 1972. Mutaciones inducidas por irradiación en el peral Packham's Triumph. Induced mutation and plant improvement. International Atomic Energy Agency. Austria. 475 - 489.
- SARH 1970 - 1988. Anuario estadístico de la producción agrícola nacional. Subsecretaría de Planeación.
- Sigurbjörnsson, B. 1971. Induced mutations in plants. Sci. Amer. 224 (1): 86 - 95.
- Simmonds, N. W. 1979. Evolution of crop plants. Longman. London, Great Britain. 21 - 24.
- Smutkupt, S. 1973. Effects of gamma irradiation of soybeans for mutation breeding. Nuclear techniques for seed protein improvement. Panel Proceedings series Int. Atom. Energy Ag. Viena. 255 - 261.
- Stadler, L. J., Herschel, R. 1948. The effect of X rays upon mutation of the gene A in maize. Genetics 33: 273 - 303.